

A COLORIMETRIA APLICADA COMO INSTRUMENTO NA ELABORAÇÃO DE UMA TABELA DE CORES DE MADEIRA

José Arlete A. Camargos¹; Joaquim C. Gonzalez²

RESUMO

A cor da madeira é muito instável, estando sujeita a rápidas alterações. Esta instabilidade está intrinsecamente relacionada com os elementos anatômicos constituintes da madeira. Por ser subjetiva, a cor da madeira pode ser interpretada de diversas formas. Neste trabalho estudaram-se as cores de 350 espécies de madeira (402 amostras). Seguiu-se o Sistema CIE La*b* de 1976. Determinaram-se os dados colorimétricos dessas amostras por meio de um espectrofotômetro Datacolor Microflash 200d. Fez-se, por meio de aplicação de um questionário, o levantamento da nomenclatura das cores das madeiras adotadas na tabela. Utilizando-se de análise multivariada, os dados foram classificados em 33 grupos de cores homogêneas com o objetivo de confeccionar uma tabela de cores de madeiras. Constatou-se que o ângulo de tinta (H), no sistema CIE La*b*, de todas as cores das madeiras estudadas se enquadrou de 0° a 90°.

Palavras-chave: tabela de cores, madeira, colorimetria, CIE La*b*.

APPLIED COLORIMETRY AS INSTRUMENT IN THE ELABORATION OF A TIMBER COLOR CHART

ABSTRACT

Due to its subjectivity, color in timber can be interpreted in different ways, in addition to the fact that it is unstable and subjected to alterations caused by weathering. This experiment studied colors and figures of 380. Brazilian tropical wood species based on the CIE La*b* Color System from 1976. Colorimetric data was determined by means of a Datacolor Microflash 200d Spectrophotometer. A multivariate statistical analyses by Cluster grouping method was used to determine 25 groups of colors using the variables L, a*, b* e h, with the objective of creating a wood color chart. A survey was used to define the nomenclature of the colors to be adopted in the chart. It was determined 512 color names for 34 wood specimens studied among 28 surveyed. It was observed that the angle of ink (h) in the CIE La*b* System for the species studied was between 0° and 90° (first quadrant).

Key-words: color chart, wood, colorimetry, CIE La*b*.

¹ Economista, MSc. camargos@lpf.ibama.gov.br, LPF/IBAMA – Brasília, DF

² Eng. Florestal, PhD. Dep. Engenharia Florestal, UnB – Brasília, DF

INTRODUÇÃO

A cor é uma das características mais importantes para a identificação e indicação de usos de espécies de madeira, principalmente quando associada aos aspectos de textura e desenho. Esta pode ser alterada com o teor de umidade, com a temperatura, por degradações provocadas pelo ataque de organismos xilófagos ou, ainda, por reações fotoquímicas dos elementos químicos presentes na sua estrutura.

Vários fatores podem influenciar na cor da madeira como composição química, anatomia, método de derrubada da árvore, posição da amostra na árvore, meio ambiente, altura, diâmetro e idade da árvore, além dos fatores genéticos inerentes a cada espécie (Gonzalez, 1993).

Ao se observar uma madeira, a primeira impressão vem do seu aspecto visual, proveniente, basicamente, da sua cor e desenho, por isso é comum a indicação ou o uso em larga escala de uma determinada espécie, levando-se em conta somente estes parâmetros. Através destas características, é possível, também, obter a valorização de espécies pouco conhecidas, fazendo analogias com outras espécies já tradicionais, o que induz as pessoas a usarem termos de referência como: "padrão mogno", "padrão cerejeira", "padrão sucupira", entre outros.

A falta de uma metodologia específica para determinação da cor da madeira tem trazido grandes transtornos aos que se dedicam a estudá-las, o que, às vezes, nos leva ao uso de instrumentos de pouca eficácia para suprir esta deficiência como por exemplo, a utilização da tabela "Munsell Soil Color Chart" (Munsell, 1975).

O estudo da cor e do desenho da madeira é ponto fundamental para entender a subjetividade pertinente a estas características.

O presente trabalho tem por objetivo estudar a cor da madeira, utilizando a colorimetria analítica como instrumento para a obtenção dos valores cromáticos, visando elaborar uma tabela para determinação de cores de madeira, baseado no sistema CIE $L^*a^*b^*$ de 1976.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A luz e a cor

Segundo Ferreira (1986), cor é a propriedade que têm os corpos, naturais ou artificiais, de absorver ou refletir a luz em maior ou menor grau. É a característica de uma radiação eletromagnética visível, de comprimento de onda situado num pequeno intervalo de espectro eletromagnético (380 a 750 nm). É o aspecto dos corpos, decorrente da percepção daquelas radiações pelo órgão visual, determinado, basicamente, por suas variáveis (a fonte de luz e a superfície refletora, um objeto colorido) e que tem como tributos principais o matiz, a luminosidade e a saturação.

O aparecimento da cor está condicionado à existência de dois elementos: a luz e o olho. Usa-se o termo matiz para designar o estímulo e cor para a sensação (hue e colour vision em inglês, respectivamente). A palavra cor designa tanto a percepção do fenômeno (sensação) como também as radiações luminosas, diretas ou refletidas pelos corpos (matiz ou coloração) que o provocam (Pedrosa, 1989).

Sistema CIE

O sistema CIE (Comission International de L'Eclairage ou Comissão Internacional de Iluminantes) é um método que define a sensação da cor baseado em três elementos: a luminosidade ou claridade, a tonalidade ou matiz e a saturação ou cromaticidade.

A luminosidade ou claridade define a escala cinza entre o branco e o pre-

to. Pode ser representada, graficamente, por uma reta perpendicular a um círculo, passando pelo seu centro. É expressa pela variável "L" e assume o valor 0 para o preto absoluto e 100 para o branco total.

A tonalidade é expressa pelas cores primárias vermelho, verde, amarelo e azul. É representada em forma de um círculo cortado por duas retas perpendiculares (horizontal e vertical) passando pelo centro. A reta horizontal representa o vermelho e o verde, definidos por duas semi-retas, respectivamente, que vão do centro às extremidades do círculo, ou seja, o vermelho vai do centro à periferia, formando um ângulo de 0° . O verde vai do centro à extremidade oposta ao vermelho, formando um ângulo de 180° . Na reta vertical estão o amarelo e o azul. A semi-reta do amarelo vai do centro à extremidade do círculo formando um ângulo de 90° . O pigmento azul vai do centro à outra extremidade oposta ao amarelo, formando um ângulo de 270° . Os pigmentos vermelho, verde, amarelo e azul são definidos pelas variáveis "+a*", "-a*", "+b*" e "-b*", respectivamente. Cada variável vai de 0 a 60 (sem unidade de medida). A tonalidade pode ser dada também pelo ângulo do círculo, expresso pela variável "H", conhecida como ângulo da tinta e derivada dos valores de a* e b*.

A saturação ou cromaticidade é o desvio a partir do ponto correspondente ao cinza no eixo L ou de luminosidade. Quanto mais distante do eixo, mais saturada será a cor. A saturação seria o raio do círculo de tonalidade, partindo do ponto cinza do eixo de luminosidade até a cor pura espectral localizada na extremidade do círculo. É expresso pela variável "C" e varia de 0 a 60. Estes três elementos (claridade, saturação e tonalidade) definem o sistema conhecido como CIELa*b*, atualmente utilizado na colorimetria (CIE La*b*, 1976).

Em 1931, a CIE passou a recomendar a padronização da fonte de luz e do observador e uma metodologia para derivar os números que provêm da medida de uma cor vista sob uma fonte de luz e de um observador padrão. O método CIE 1931 estava previsto para ser usado em aparelhos de espectrofotometria.

A amostra ou objeto - Stanzola (1979) afirma que a descrição da amostra ou objeto é feita com a interação da luz. Esta interação é chamada de "Curva Espectral ou Espectrométrica". Esta curva pode ser observada pelo olho humano e também por aparelhos de espectrometria (espectrofotômetros). Para cores opacas como tintas, tecidos e plásticos, a curva é chamada "curva de reflectância". Para materiais transparentes como líquidos e vidros, esta curva é chamada de "curva de transmitância".

Fonte de luz e iluminante - a fonte de luz é uma luz fisicamente realizável. É aquela em que a distribuição espectral pode ser determinada experimentalmente. Quando esta determinação é produzida e especificada, a fonte de luz passa a ser chamada "fonte de luz padrão". Para o uso geral em colorimetria, a CIE recomenda os iluminantes "A" (luz incandescente) e D-65 (o que mais se aproxima da luz do dia) (Stanzola, 1979).

Iluminante é uma luz definida por uma distribuição da força espectral, a qual pode ou não ser realizável fisicamente (Billmeyer Jr. et al. 1981).

Observador - para a descrição da cor, o observador constitui o elemento mais importante e mais difícil de se descrever numericamente. Cada pessoa possui uma sensibilidade diferente para ver uma cor. Portanto, para se fazer uma descrição numérica do observador, é necessário, por meio de técnicas de projeção de cores, avaliar o que cada observador consegue ver. Os valores obti-

dos desta avaliação são chamados de “valores trístímulos”, representados pelas letras X, Y, e Z (Stanziola, 1979).

Ângulo de observação - Billmeyer Jr. et al. (1981) cita que quando a CIE, em 1931, criou o sistema de descrição de cores, as condições do observador que foram escolhidas tinham como objetivo usar a área central da retina do olho humano (fóvea). Esta área cobre 2° do ângulo de visão, que equivalem a uma área de 15 mm², observados de uma distância de ± 45 cm. Em 1964, a CIE passou a recomendar o uso de uma área maior de 10° (± 170 mm²) de observação, após constatar que um observador pode apresentar uma sensibilidade maior que outros.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Produtos Florestais (LPF/IBAMA), em cooperação com a Universidade de Brasília (UnB).

Coleta das amostras

As amostras foram selecionadas entre as espécies de madeiras da xiloteca do Laboratório de Produtos Florestais do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - LPF/IBAMA. As amostras da xiloteca do LPF são compostas de espécies coletadas pelo próprio LPF e espécies recebidas de outras instituições. A amostragem da xiloteca do LPF foi realizada em conformidade com o “Sistema de Amostragem Direta ao Acaso”, de acordo com Bendtsen, Freese & Ethington (1970), Noack (1970) e COPANT 458/71, fazendo-se as adaptações necessárias à Região Amazônica (IBAMA, 1997).

As espécies foram identificadas através de material botânico, pelo Herbário do Instituto de Pesquisas da Amazônia

(INPA), em Manaus/AM e pelo Setor de Anatomia da Madeira do LPF/IBAMA, em Brasília/DF.

Seleção e preparo das amostras

Inicialmente, foram selecionadas 402 amostras de 350 espécies de madeira, secas à 12% de teor de umidade, considerando a cor e o desenho como características essenciais para análise.

As amostras foram retiradas do cerne e do alburno, cortadas nas dimensões de 10 cm de comprimento, 7 cm de largura e 1 cm de espessura. Foram lixadas com lixas 60 e 160 de granas, acondicionadas em ambiente sem luz para manter a condição de recém-aplainadas. A escolha da condição recém-aplainada é necessária como forma de padronizar a sistemática de determinação das cores, em função das nuances apresentadas, devido às condições climáticas a que as amostras foram submetidas.

Além dessas, também foram selecionadas 200 amostras, que haviam sido expostas à luz de ambiente interno durante, aproximadamente, 5 anos. Essas amostras foram utilizadas como forma de se obter a maior diversidade possível de nuances de cores para madeira. Usaram-se amostras do cerne e do alburno.

Determinação do número de tomadas de medida e mensuração das cores

Para confiabilidade nos valores colorimétricos, em cada amostra, foi realizada uma tomada de medida da cor por 3 cm², totalizando 20 medidas por amostra. Foi utilizado o valor médio das medições. O número de tomada de medida foi baseado em testes prévios, onde foi realizada a determinação da cor da madeira, fazendo-se medição de 1 a 10 tomadas de medidas por amostra, nas quais constatou-se que a variância da cor da madeira torna-se constante acima das 10 medições.

A determinação das cores foi realizada obedecendo ao sistema CIE La^*b^* , recomendado pela CIE (1976). Utilizou-se um espectrofotocolorímetro Datacolor Microflash 200d conectado a um microcomputador, com iluminante D65 e ângulo de 10° , em temperatura ambiente de 22°C e umidade relativa do ar de 60%. As medições foram feitas nas faces tangencial ou radial da amostra para obtenção dos valores da claridade (L), dos matizes vermelho ($+a^*$), verde ($-a^*$), amarelo ($+b^*$) e azul ($-b^*$). O valor da saturação da cor (C) e o ângulo de tinta (h) foram calculados pelas seguintes equações:

$$C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$
$$h = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

Nomenclatura das cores

Realizou-se, com a aplicação de questionários destinados aos consumidores de madeira e profissionais da área, uma pesquisa visando obter sugestões para uma adequada nomenclatura dos grupos de cores levantados. Os nomes das cores escolhidas foram dados em função do número de repetições sugerido pelas pessoas pesquisadas, sendo, posteriormente, adaptados aos parâmetros colorimétricos obtidos por meio do espectrofotômetro. O valor do L definiu se a cor é clara ou escura, o valor de h (valor derivado de a^* e b^*) definiu os matizes (branco, preto, amarelo, vermelho, oliva, rosa, roxo, cinza, laranja e marrom) e a variável C definiu a saturação da cor. Assim, dentro de cada grupo, a cor pode ser considerada clara ou escura em função do valor do L, ou ainda, amarelada, acinzentada, alaranjada, amarronzada, oliva, rosada, arroxeadada e avermelhada em função dos valores de a^* e b^* ou suas combinações.

Foi considerada escura a cor cujo valor de L foi menor ou igual a 56 e, como cor clara, o valor de L acima de 56. Por

exemplo, as cores roxo, vermelho e preto são consideradas cores escuras, pois os valores de L das amostras desses grupos estão abaixo de 56. Por outro lado, as cores branco, amarelo e rosa são tidas como cores claras, pois os valores de L das amostras que se enquadraram nessas cores, situaram-se acima de 56.

Análise dos resultados

Os dados obtidos - saturação (C), ângulo da cor (h), claridade (L), matiz (a^* e b^*) e desenho da madeira - foram analisados no pacote estatístico SPSS Base 8.0 da SPSS Inc., correlacionando-os com o aspecto da cor da amostra, através de avaliações estatísticas, observações empíricas e analogias com outros estudos para agrupamentos das cores e elaboração da tabela.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram testados vários métodos para agrupamento das cores: distância Euclidiana, fórmulas matemáticas (seguidas de indexação), estabelecimento de intervalos para as variáveis cromáticas e agrupamento de Cluster. Os grupos obtidos no agrupamento pelo método de intervalo de variáveis foram ajustados conforme o resultado apresentado. Esses novos agrupamentos consideraram somente os matizes vermelho ($+a^*$) e amarelo ($+b^*$) como variáveis principais e, em segundo plano, o ângulo da tinta (h). Também utilizou-se a claridade (L) para agrupar as cores preto, roxo, oliva, laranja, vermelho e branco ou para separar os grupos, nos quais a amplitude da luminosidade era muito grande, comprometendo a plotagem das cores na tabela. Para o agrupamento de todas as cores, não foi considerada a saturação (C), pois essa variável tem uma alta correlação com a variável b^* , tornando os grupos tendenciosos ao amarelo. Em to-

dos os métodos, foi considerado também o aspecto da amostra.

Foram realizadas várias tentativas de agrupamento por Cluster. Primeiro, fez-se um agrupamento com dezoito grupos, utilizando as 5 variáveis (L, a*, b*, C e h). Em seguida, fez-se o agrupamento com 25 grupos, utilizando também as 5 variáveis. Por último, fizeram-se agrupamentos com exclusão de variáveis.

O número de grupos foi estabelecido em função de vários testes de agrupamentos, levando-se em consideração o aspecto da amostra, o número de matiz, o número de amostras em cada grupo, os nomes de cores pesquisados no mercado madeireiro, a facilidade de manuseio da tabela, os valores colorimétricos e a diversidade de cores das amostras.

Para elaboração da tabela para cores de madeiras, obedeceu-se o agrupamento das cores pelo método de Cluster. Foi elaborado um "lay-out" com amostras de cores para a cor padrão de cada grupo encontrado. Quando necessário, poderão ser inseridas na tabela mais amostras de cores do padrão de uma determinada cor para um mesmo grupo.

A tabela de cor foi dividida em grupos, considerando-se a claridade (L) e a tonalidade (dada pelo ângulo de tinta (h)). Em cada grupo, as amostras de cores foram indexadas considerando-se os valores colorimétricos.

Para maior facilidade de manuseio da tabela, cada intervalo de cor foi acompanhado do nome da cor correspondente a cada amostra. Assim, a cor pode ser encontrada tanto pelos dados colorimétricos como pela sua nomenclatura. Cada amostra de cor foi codificada com um número de 6 algarismos, sendo os dois primeiros correspondentes à claridade, os dois algarismos seguintes representando o valor do matiz vermelho e os dois últimos números, o valor do matiz ama-

relo. Por exemplo: no código 860321, a claridade, o matiz vermelho e o matiz amarelo são representados, respectivamente, pelos números, 86, 03 e 21.

A entrada na tabela pode ser feita pelo nome da cor em ordem alfabética. Em seguida, pela variável L indexada dentro de cada cor. Assim, se a cor da amostra for vermelho escuro, procura-se primeiro a cor vermelho, em seguida o valor do L. Em caso de dúvida na cor, procura-se pelo aspecto da amostra ou pelos valores cromáticos.

Para amostras com desenho, foi considerada como cor principal a cor de maior área. Foram estabelecidas as letras abaixo para caracterizar cada figura, sendo escritas após cada código da amostra que apresentava o respectivo desenho:

- a - aspecto fibroso;
- b - com nuances ou listras semelhantes à cor principal;
- c - com nuances ou listras diferentes da cor principal;
- d - linhas vasculares destacadas.

Por exemplo, o código da amostra 330 seria 511422a, por ter aspecto fibroso.

Para separação das madeiras com figura, das espécies sem figura, procedeu-se da seguinte forma: a cor de cada amostra foi mensurada por varredura, porém cada ponto mensurado foi anotado separadamente. Em seguida, calculou-se o desvio padrão dos valores colorimétricos. Considerando esse desvio e o aspecto da amostra, foi observado que amostras com o desvio padrão do ângulo de tinta (h) abaixo de 1,00 apresentavam-se sem figura e acima desse valor, apresentavam-se com figura.

As amostras de cor foram obtidas das fotos das amostras das espécies correspondentes a cada cor.

Os dados obtidos para as variáveis cromáticas L, a*, b*, C e h, foram analisados quanto à normalidade, apresentando uma curva de distribuição normal.

Por meio do agrupamento pelo método de vizinho mais próximo não foi possível obter grupos bem definidos que atendessem a todas as cores de madeira. Isso se deve ao fato de se trabalhar com valores cromáticos que, apesar de apresentarem uma tendência de distribuição normal, têm comportamento peculiar para cada faixa de comprimento de onda.

Os objetos coloridos refletem a luz em intensidade diferente em cada comprimento de onda, o que exige um tratamento diferenciado para cada cor. Neste universo, trabalha-se com cores primárias (vermelho, azul e amarelo), cores opostas (preto e branco), cor aditiva (branco), cor subtrativa (cinza neutro), cor secundária (laranja = vermelho + amarelo), cores terciárias (oliva = preto + branco + amarelo) e outras. Assim, qualquer operação realizada para agrupar uma determinada cor pode ter efeito contrário no agrupamento de uma outra (Figura 1).

Constatou-se que a menor claridade (L) para a madeira foi de 25,93 (correspondente à cor preta), sendo que, para o preto absoluto, este valor é de zero. Por outro lado, o maior valor de L foi de 86,44 (correspondente à cor branca), para um branco absoluto de 100. O

ângulo de tinta (H) variou de 13,94 (correspondente ao vermelho) a 87,00 que corresponde à cor amarela.

Para madeira de alta claridade ($L > 56$), o ângulo da tinta (h) é significativo no agrupamento, enquanto que, para madeira de pouca claridade ($L \leq 56$), a variação no ângulo da tinta pode não ser expressivo. Este fato foi detectado por Nishino et al. (1998), em um trabalho realizado com as cores das madeiras da Guiana Francesa, onde o autor observou que para $L < 54$ a correlação de h com o L é de 0,584 e para $L > 54$, essa correlação sobe para 0,704. O Quadro 1 apresenta quatro amostras, sendo as duas primeiras (273 e 76) do grupo 9 do agrupamento pelo método de Cluster usando as variáveis L, a^* e b^* para 25 grupos (Cluster $L^*a^*b^*-25$) e as outras duas (214 e 92) do grupo 3 do mesmo agrupamento, onde o h, apesar de ter uma correlação de Pearson direta com o L de 80%, teve comportamento contrário quando comparado com essa variável. Quando ocorreu um baixo desvio no L, o desvio do h foi elevado e vice-versa. Esse fato deve-se, provavelmente, à influência do matiz amarelo sobre o ângulo da tinta. No mesmo exemplo, pode ser observado que o desvio na diferença das cores (DE) foi

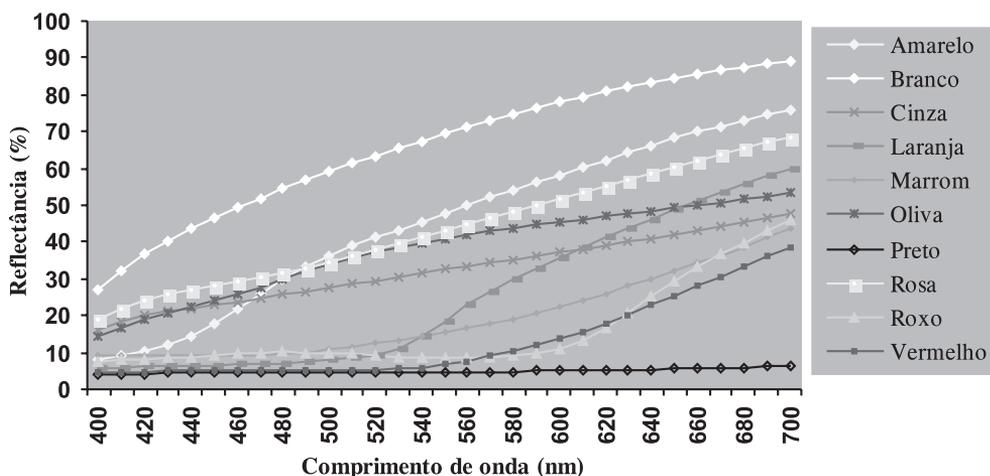


Figura 1 - Reflectância das cores de madeira em função do comprimento de onda.

maior, quando a diferença na claridade mostrou-se também elevada. Nas duas primeiras amostras, a diferença nas cores é motivada pela claridade, enquanto que, nas outras duas amostras, as cores são diferenciadas pelo ângulo da tinta.

Quando se trata da cor da madeira, a figura e a textura exercem grande influência na definição das cores. Isso pode ser avaliado quando são considerados os elementos anatômicos e os extrativos da madeira como componentes importantes na formação da cor.

No agrupamento por intervalo de variáveis, os intervalos apresentaram amplitudes diferentes entre si e entre os grupos de cores. Esses intervalos variavam de acordo com cada variável cromática e com cada grupo de cor.

Após ajustes, constatou-se um número muito grande de grupos. Além disso, os grupos de cores obtidos não atendiam à totalidade de cores existentes, havendo assim, amostras que não se enquadravam em nenhum grupo, devido aos seus valores cromáticos estarem fora dos intervalos estabelecidos para os grupos. Observou-se também que muitas amostras se enquadravam, ao mesmo tempo, em mais de um grupo, o que

caracterizava a sobreposição de intervalos ou ainda a falta de um perfeito ajuste nos seus limites. A reflectância das cores roxa, oliva e laranja mostra essa sobreposição de cores em alguns comprimentos de onda (Figura 1).

É possível agrupar as cores, usando-se fórmulas matemáticas como, por exemplo, $L+a^*$, $L+b^*$, a^*+b^* , a^*/b^* , $L+a^*/(b^*+a^*)$, $L+a^*+b^*$, $L+C+h$, $L+C+h-b^*$, $L+(b^*-a^*)$. Entretanto, torna-se difícil obter um agrupamento homogêneo de cores por meio dessas fórmulas, uma vez que as variáveis cromáticas têm correlação entre si e significância diferente para cada cor, o que exigiria uma fórmula matemática para cada cor.

Algumas cores podem ser agrupadas pela indexação de uma das variáveis cromáticas: o branco e o preto pela indexação do L; o amarelo pelo b^* ; o vermelho pelo a^* . Entretanto, é necessário estabelecer um limite para os valores de cada variável como forma de evitar a dispersão das cores dentro dos grupos.

Após avaliações entre os métodos de agrupamentos por análise multivariada, por fórmulas matemáticas (seguidas de indexação) e pelo estabelecimento de intervalos para as variáveis cromáticas,

Quadro 1 Desvio padrão do ângulo da tinta (h) em relação à claridade (L) de 4 amostras de madeiras de dois grupos de cores do agrupamento Cluster La^*b^*-25 .

	AMOSTRA	L	a^*	b^*	C	h	DE
Grupo 9	273	60,55	12,23	17,30	21,19	54,73	39,96
Cluster La^*b^*-25	76	49,56	14,20	21,87	26,08	57,01	51,86
Desvio padrão	.	7,77	1,39	3,23	3,46	1,61	8,41
Grupo 3	214	43,56	9,24	7,61	11,98	39,48	51,98
Cluster La^*b^*-25	92	40,32	9,08	13,87	16,58	56,78	56,36
Desvio padrão	.	2,29	0,11	4,42	3,26	12,24	3,09

L é a claridade, a^* é o matiz vermelho, b^* é o matiz amarelo, C é a saturação e h é a tonalidade da amostra de madeira.

obtiveram-se melhores resultados pelo último método. Porém, por ser um método empírico de difícil repetição e com pouco respaldo estatístico, optou-se em fazer o trabalho pelo agrupamento de Cluster. Esse método apresentou os resultados próximos aos alcançados pelas fórmulas matemáticas, tendo a vantagem de gerar um agrupamento rápido e confiável e permitir análises estatísticas mais aprofundadas dos resultados, com repetitividade dos mesmos.

No agrupamento Cluster La^*b^*CH-18 obteve-se um resultado não satisfatório. No agrupamento Cluster La^*b^*CH-25 , houve uma sensível melhora na homogeneidade dos grupos, mas os resultados ainda não foram aceitáveis. Nos agrupamentos Cluster LCH-25 e Cluster La^*b^*-25 , os resultados não foram satisfatórios, quando correlacionados com os obtidos pelo método de intervalo de variáveis. Os grupos obtidos ainda mostraram-se heterogêneos.

No agrupamento usando as variáveis La^*b^*CH com 18 grupos, ocorreu uma tendência de grupos para o amarelo. Isso porque a saturação tem grande correlação com o matiz amarelo. Amostras que poderiam, por exemplo, estar em grupos de matiz branco foram agrupadas juntamente com amostras de matiz amarelo.

Com a exclusão da variável C, ocorreu um ajuste na claridade, uma vez que o h guarda grande correlação (80%) com o L. Observou-se que a maioria das amostras que saíram do amarelo-amarronzado passou para o branco-amarelado, sendo esse último grupo mais claro e menos saturado que o anterior.

Apesar das diferenças existentes entre o agrupamento Cluster La^*b^*CH-18 e o agrupamento por intervalo de variáveis, no confronto dos agrupamentos Cluster La^*b^*H-25 com o de intervalo de variáveis, pode ser observado que estes grupos coincidiram em mais de 50%. Esse fato

mostra a importância do agrupamento por intervalo de variáveis (visual), apesar de ser possível agrupar as cores de madeiras por métodos objetivos.

Neste confronto, observou-se ainda que um dos grupos do agrupamento por intervalo de variáveis apresentou-se o mais heterogêneo, sendo as amostras pulverizadas em 8 grupos em relação ao agrupamento Cluster La^*b^*H-25 . Por outro lado, neste mesmo agrupamento encontrou-se o grupo mais homogêneo. Houve grupos que coincidiram em 100%.

Quando são considerados os agrupamentos Cluster La^*b^*CH-25 e o La^*b^*CH-18 com o agrupamento por intervalo de variáveis, o número de coincidências acima de 50% obtidas no agrupamento La^*b^*CH-18 cai de 12 para 9, em relação ao agrupamento pelo método de intervalo de variáveis. Esse fato já era esperado, uma vez que quando foi aumentado o número de grupos de 18 para 25, houve também, um aumento na dispersão das cores. Porém, esse número de coincidências volta novamente para 12, no agrupamento Cluster LCH-25; subindo para 13, no agrupamento Cluster La^*b^*-25 e, para 14, no Cluster La^*b^*H-25 . Comprova-se, assim, que esse último agrupamento foi o que apresentou melhores resultados. No Quadro 2 são apresentados os 25 grupos de cores e seus respectivos intervalos das variáveis, obtidos por meio do agrupamento pelo método de Cluster com a utilização das variáveis L, a^* , b^* e h.

Foi constatado que os ângulos de tinta (h) no sistema CIE La^*b^* , de todas as cores das madeiras tropicais brasileiras, enquadraram-se de 0° a 90° (primeiro quadrante). Os valores máximos encontrados para cada variável foram: $L=86,44$, $a^*=26,82$, $b^*=46,59$, $C=47,03$ e $h=87,00$. Os valores mínimos foram: $L=25,93$, $a^*=1,16$, $b^*=1,92$, $C=2,31$ e $h=13,94$, e os valores médios: $L=56,18$, $a^*10,44$,

$b^*=20,54$, $C=23,39$ e $h=23,39$, confirmando uma pesquisa realizada por Nishino et al. (1998) sobre a colorimetria de espécimens de madeira da Guiana Francesa, na qual esse autor classificou a claridade das madeiras dessa região em dois grupos: $L>54$ e $L<54$.

Na pesquisa sobre a nomenclatura das cores de madeiras, foram entrevistadas 28 pessoas e levantados 512 nomes para 34 amostras. A madeira ébano - *Diospyros* sp. foi a que teve maior consenso com apenas 3 nomes de cores, seguida do pau-roxo – *Peltogyne maranhensis* com 4 nomes. Ressalta-se que essas duas espécies de madeiras têm cores bem definidas: preto e roxo, respectivamente.

Com maior número de nomes de cores para uma mesma amostra, destacou-se, com 23 nomes, a espécie de abiorana-bacuri – *Ecclinusa guianensis*, seguida da madeira de umiri – *Humiria* sp. com 22 nomes. Para a amostra de abiorana-bacuri – *Ecclinusa guianensis* a cor marrom-cla-

ro foi mencionada 4 vezes e para a espécie de umiri – *Humiria* sp., houve um empate entre as cores cinza e o marrom, com 3 indicações cada uma.

Observou-se que alguns nomes de cor como marfim, bege, castanho e laranja foram indicados com frequência, podendo ser adotados na tabela de cores proposta.

CONCLUSÕES

Constatou-se que o ângulo de tinta (h) no sistema CIE La^*b^* , de todas as cores das madeiras tropicais brasileiras, se enquadrava de 0° a 90° (primeiro quadrante). Os valores máximos encontrados para cada variável foram: $L=86,44$, $a^*=26,82$, $b^*=46,59$, $C=47,03$ e $h=87,00$. Valores médios de: $L=56,79$, $a^*=10,44$, $b^*=20,54$, $C=23,39$ e $h=62,18$. Os valores mínimos foram: $L=25,93$, $a^*=1,16$, $b^*=1,92$, $C=2,31$ e $h=13,94$.

Foi observado que as amostras de madeiras que haviam sido expostas à luz

Quadro 2 Grupos de cores obtidos no agrupamento de Cluster usando as variáveis cromáticas L, a^* , b^* e h.

GRUPO CLUSTER	COR	INTERVALOS DAS VARIÁVEIS CROMÁTICAS				
		L	a^*	b^*	C	h
01	Amarelo-oliva	64-64	06-06	46-46	47-47	82-82
02	Branco	69-80	04-08	19-27	21-28	71-79
03	Marrom-escuro	38-51	06-11	10-16	12-19	50-61
04	Rosa	55-68	11-27	18-27	23-30	53-64
05	Amarelo-claro	65-76	07-11	26-37	28-38	71-77
06	Roxo	36-39	12-07	03-07	12-16	14-29
07	Preto-avermelhado	28-35	04-08	03-06	05-10	35-44
08	Marrom-arroxeadado	29-44	08-11	08-12	11-16	34-52
09	Oliva	40-55	05-10	12-22	13-24	60-71
10	Oliva-claro	70-73	01-04	22-26	22-27	81-87
11	Branco-acinzentado	74-86	03-06	16-25	17-26	74-83
12	Marrom-escuro	35-51	11-16	13-18	17-23	43-55
13	Marrom-oliva	48-71	09-13	22-30	25-32	64-72
14	Preto	26-36	01-06	02-08	03-09	49-64
15	Vermelho-escuro	35-38	17-21	13-15	21-26	33-38
16	Cinza-rosado	61-76	04-08	13-20	14-21	67-76
17	Vermelho	37-52	17-24	16-23	24-31	39-52
18	Oliva-amarelado	51-69	06-09	20-27	21-28	69-76
19	Laranja-amarelado	53-54	24-27	34-38	42-46	54-55
20	Amarelo-alaranjado	49-66	12-19	31-36	33-40	61-67
21	Marrom-claro	45-61	10-13	16-25	19-28	54-66
22	Rosa-acinzentado	55-71	07-11	14-22	16-25	59-68
23	Amarelo-amarronzado	45-61	12-19	23-30	27-34	52-65
24	Amarelo	73-76	04-07	38-42	39-42	81-84
25	Marrom-avermelhado	39-57	13-17	18-23	23-29	50-58

ambiente apresentaram menor claridade e maior valor no matiz amarelo.

O agrupamento pelo método de Cluster usando as variáveis L, a*, b* e h com 25 grupos foi o que apresentou melhores resultados. Por outro lado, o agrupamento Cluster usando as variáveis L, a*, b*, C e h com 25 grupos foi o que apresentou pior resultado.

Quando não foi considerada a variável da saturação (C) no agrupamento, ocorreu uma tendência de grupos mais claros e menos saturados, ou seja, amostras passaram do grupo de matiz

amarelo para grupos de matiz branco.

A exclusão da variável C e a inclusão da variável h proporcionaram um ajuste na claridade, uma vez que o h guarda grande correlação (80%) com o L, tornando os grupos de cores mais homogêneos.

Por meio do agrupamento visual, é possível obterem-se cores mais homogêneas dentro de um mesmo grupo. Todavia, por esse método torna-se mais difícil determinar a diversidade de nuances de cores que melhor representam os grupos de cores, além de sua subjetividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENDTSEN, B. A.; FREESE, F. & ETHINGTON, R. L. A forest sampling method for wood strength. *Forest Products Journal*, Madison, v. 20, n. 11, pp. 49-53. 1970.

BILLMEYER Jr., F. W & SALTZMAN, M. *Principles of color technology*. New York: John Wiley & Sons, 240 p. il. 1981.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. *Maderas: selección y collección de muestras*. COPANT 458. 19 p. 1971.

FERREIRA, A. B. H. *Novo dicionário da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2ª ed. pp. 475-476. 1986.

GONÇALEZ, J. C. *Caracterisation technologique de quatre especes peu connues de la foret amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques*. Nancy: Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Thèse de Doctorat. 446 p. il. 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. *Madeiras da Amazônia: características e utilização*. volume 3 - Amazônia Oriental. IBAMA, Brasília, 141 p., il. 1997.

MUNSELL, COLOR. *Soil color charts*. Baltimore: Koelmorgen, 1975.

NISHINO, Y.; JANIN, G.; CHANSON, B.; DÉTIENNE, P.; GRIL, J.; THIBAUT, B. *Colorimetry of wood specimens from French Guiana*. *Japan Wood Science*. 44p. 3-8. 1998.

NOACK, D. *Evaluation of properties of tropical timber*. IUFRO, reunion préliminaire du groupe de "propriétés et utilisations des bois tropicaux". Hamburgo, p. 17-23. 1970.

PEDROSA, I. Da cor à cor inexistente. Rio de Janeiro: Léo Christiano, 5 ed. Co-editado pela Ed. Universidade de Brasília. 224 p. il. 1989.

STANZIOLA, R. Colorimetry and the calculation of color difference. Trad. por: Luiz Fatarelli. São Paulo: Superlab, 1986. 27p. 1979.